

## 明 細 書

## 発光素子及び表示デバイス

## 技術分野

- 5 本発明は、発光性無機材料及び該発光性無機材料を用いた発光素子及び該発光素子を用いた発光デバイスに関する。

## 背景技術

- フラットパネルディスプレイとして、液晶パネル、プラズマディスプレイ等とともに注目を集めている表示デバイスとして、エレクトロルミネッセンス（以下
- 10 ELと称する）素子を用いた表示デバイスがある。このEL素子には、発光体に無機化合物を使用する無機EL素子と、発光体に有機化合物を使用する有機EL素子がある。EL素子は、高速応答性、高コントラスト、耐振性等の特徴を有する。このEL素子は、その内部に気体部が無いいため高圧下や低圧下でも使用できる。有機EL素子では、駆動電圧が低いため薄膜トランジスタ（TFT）を用いた
- 15 アクティブマトリクス方式での駆動によって一定の階調性を発現することができ、その一方、素子が湿度等の影響を受けやすく寿命が短い。また、無機EL素子は、有機EL素子と比較して、長寿命で、使用温度範囲が広く、耐久性に優れる等の特徴がある。その一方、無機EL素子では発光に要する電圧が200～300Vと高いため、薄膜トランジスタ（TFT）を使用したアクティブマト
- 20 リクス方式での駆動は困難であった。そのため、無機EL素子は、パッシブマトリクス方式で駆動されてきた。パッシブマトリクス駆動では、第1の方向に平行に延在する複数の走査電極と、第1の方向と直交する第2の方向に平行に延在する複数のデータ電極とが設けられ、この互いに交差している走査電極とデータ電極との間に発光素子が挟まれており、一組の走査電極とデータ電極との間に交流
- 25 電圧を印加して一つの発光素子が駆動される。このパッシブマトリクス駆動では、走査線の数が増加すると、表示デバイス全体として平均輝度が低下する。無機発光体は一般的には絶縁物結晶中に発光材料をドーピングしたものであり、そのためにUV光を照射した場合には発光を生じるが、電界を印加しても絶縁物結晶中に電子は浸透しにくく、また帯電による反発も強いために発光を生じさせるには高エ

エネルギー電子が必要となる。低エネルギー電子で発光させるためには対策が必要である。

5 特公昭54-8080号公報に記載の技術によれば、発光層にZnSを主体とし、Mn, Cr, Tb, Eu, Tm, Yb等をドーピングすることによって、無機EL素子を駆動(発光)させ、発光輝度の向上がはかられたが、200~300Vの高電圧でしか駆動しないため、TFTを使用することができなかった。

#### 発明の開示

10 発光素子をテレビ等の高品位な表示デバイスとして使用する場合は、発光素子がTFTを使用可能な低電圧で駆動することが必要とされている。

本発明の目的は、低電圧で駆動でき、薄膜トランジスタを使用できると共に、長寿命である発光素子を提供することである。

15 本発明に係る発光素子は、互いに対向する一対の電極と、前記一対の電極の間に挟まれており、表面の少なくとも一部を導電性有機材料で被覆されている半導電性蛍光体微粒子を含む発光層とを備えることを特徴とする。

20 この発光素子は発光性無機材料を用いたEL素子である。このEL素子の発光層は半導電性蛍光体粒子を含み、該半導電性蛍光体粒子の表面には、導電性有機材料が被覆している。さらに、導電性有機材料が半導電性蛍光体微粒子の表面に化学吸着していることが好ましい。

25 本発明者は、今回、半導電性蛍光体粒子の表面に導電性有機材料が被覆、好ましくは化学吸着している構成の場合に、注入バリアの低減と帯電の低減の効果により、低電圧駆動させることができると共に、長寿命である該EL素子を得られることを知見した。さらに、該EL素子に発光層と一対の電極のうちの少なくとも一方の電極との間に電子輸送層を設けることによって帯電の反発が低減されて、さらに低電圧にて駆動することを知見した。

本発明に係る発光素子の各構成部材について説明する。

この発光素子は、支持体基板上に固定してもよい。この支持体基板としては、電気絶縁性が高い材料を用いる。支持体基板側から発光素子の光を取り出す場合

には、可視領域での光の透過性が高い材料からなる支持体基板を用いる。発光素子の作製工程において支持体基板の温度が数百℃に達する場合は、軟化点が高く耐熱性に優れ、熱膨張係数が積層する膜と同程度である材料を用いる。このような支持体基板としてはガラス、セラミックス、シリコンウエハなどが使用できるが、通常のガラスに含まれるアルカリイオン等が発光素子へ影響しないように、  
5 無アルカリガラスを用いてもよい。また、ガラス表面に発光素子へのアルカリイオンのイオンバリア層としてアルミナ等をコートしてもよい。

電極には、電気伝導性が高く、電界によるイオンのマイグレーションがない材料を用いる。この電極としては、アルミニウム、モリブテン、タングステン等を用いることができる。発光素子の光を取り出す側の電極は、上述の電極の性能に加えて、可視領域で透明性の高い材料を用いればよく、当電極として、錫ドーパ  
10 酸化インジウム（ITO）等を主体とした電極を用いることができる。なお、本発明の発光素子及び／又は表示デバイスは、直流で駆動しても、交流で駆動してもよいし、あるいはパルスで駆動してもよい。

電子輸送性材料は、電子輸送層内で電子を素早く輸送する電子移動度が高い材料であり、帯電による反発を低減する材料を用いればよく、発光素子の寿命を長くする目的で化学的に安定であることが好ましい。そのような材料は有機物であるならばアルミキノリネートやオキサジアゾール誘導体などの一般的な導電性有機化合物を主体とする材料やポリメチルメタクリレートなどを主体とする一般的  
15 な導電性高分子材料を使用できる。

本発明では、発光体として、半導性蛍光体微粒子を用いている。半導性蛍光体微粒子としては、カドミウム、亜鉛、水銀、鉛、錫、インジウム、アンチモン、砒素、珪素、ガリウム、アルミニウム、ビスマス、ベリリウム、マグネシウム、カルシウム、及びストロンチウムの、硫化物、セレン化物、テルル化物、窒化物、  
20 リン化物、砒化物、アンチモン化物、炭化物、酸化物、塩化物、臭化物、及びヨウ化物、硫黄、セレン、テルル、珪素、ゲルマニウムの微粒子を使用することができる。また、これらの物質相互の化合物及び固溶体の微粒子を使用できる。さらに上記微粒子に5重量パーセント以下の異なる元素を賦活剤として含有するものを含む微粒子が使用できる。例えば、マンガン、銅、銀、金、錫、鉛、プラセ

オジウム、ネオジウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、セシウム、チタン、クロム、アルミニウム等の金属元素から選ばれる少なくとも1種類の元素が賦活される。また、この賦活剤としては、塩素やヨウ素のような非金属元素や $TbF_3$ や $PrF_3$ といったフッ化物でもよく、更にこれらのうち2種類以上を同時に賦活してもよい。また、特に好適な抵抗の低い母体結晶の例としては、 $Zn$ 、 $Ga$ 、 $In$ 、 $Sn$ 、 $Ti$ の群から選ばれる少なくとも1種類の元素を含む酸化物又は複合酸化物が挙げられ、それぞれの蛍光体の例としては、 $ZnO:Zn$ （発光色は青緑）、 $(Zn,Mg)O:Zn$ （青）、 $ZnGa_2O_4:Mn$ （緑）、 $In_2O_3:Eu$ （赤）、 $SnO_2:Eu$ （赤）、 $CaTiO_3:Pr$ （赤）等がある。さらに、例えば、硫化亜鉛のように比較的抵抗の高い母体結晶と、前述した $ZnO$ 、 $In_2O_3$ 等の抵抗の低い母体結晶とが混合した微粒子であってもよい。

半導体蛍光体微粒子の粒径は $1\mu m$ 以下であり、小さければ小さい程、微粒子内の発光中心を励起し易くなるので好ましく、さらに発光中心をより励起し易くするためには量子効果を利用するために微粒子の粒径をナノサイズとすればよい。粒径 $100nm$ 程度の場合、十分な量子効果を得ることが困難なので、該微粒子の中心の表面に注入バリアを低減した微粒子を安定化する目的で $\pi$ 電子をもつ導電性有機材料を被覆、好ましくは化学吸着させた発光体を用いることが好ましい。前記化合物及び前記固溶体は可視光領域の光透過性が高いことが好ましい。なお、特定の色を得る目的でカラーフィルタを素子の構成に加えてもよい。

ここで、本発明の前記微粒子の発光メカニズムについて考察する。まず、従来の無機発光体について説明する。従来の無機発光体は絶縁性の結晶（以後、母体結晶と称する）中に発光中心が存在する構成となっており、発光は発光中心の励起によって生じると考えられる。母体結晶は外部からの印加エネルギーによって励起するが、母体結晶の伝導帯や価電子帯に生じた伝導電子や正孔の多くは不純物中心や格子欠陥に捕捉される。発光中心はここでのいう不純物中心や格子欠陥としてドープしたものであると考えられる。よって、母体結晶は外部からの印加エネルギーを発光中心に伝える効率が高い材料を選択する必要がある、発光中心の

みで素子を構成しても発光効率が低くなるか、または発光しないと考えられる。また、2種類以上の発光中心がある場合や、発光中心の濃度が高い場合に、発光中心間に励起エネルギーの伝達が行われることがある。2つの発光中心のそれぞれの発光と吸収が等しいとき、量子力学的な共鳴によって一方向から他方へ励起エネルギーが伝達されることが考えられている。発光中心のドーピング量には最適値があり、ある濃度以上では発光強度が減少する。その原因の多くは、前述の共鳴エネルギーの伝達によって、発光中心の励起エネルギーが非発光部分に届けられるためと考えられている。よって、従来の絶縁性の母体結晶に発光中心が存在する無機蛍光体では、紫外光などの印加エネルギーでは発光するが、電界印加によって発光させるためには200V程度の高電圧を与える必要があったと考えられる。

母体結晶が電界による励起エネルギー（具体的には電子エネルギー）を発光中心に伝達し易くするために母体結晶に従来よりも導電性のある物質を用いた。例えば、酸化亜鉛は透明電極としても既知の導電体であるが、格子欠陥（亜鉛過剰部分や酸素過剰部分）が存在する割合と酸化亜鉛の導電性は反比例の関係になる。母体結晶に酸化亜鉛を用いた場合、ドーピングなどで格子欠陥を生じさせることによって酸化亜鉛は、導電性が低下するので、酸化亜鉛は半導電性物質つまり半導体とみなされる。また、トランジスタなどに使用されるpn接合を利用する半導体も同様の理由で本発明の発光体として用いることができる。発光体として、トランジスタなどに使用されるpn接合を利用する複数の半導体領域を有する半導電性蛍光体微粒子を使用する場合は、半導電性蛍光体微粒子の表面側にn型半導体領域、中心側にp型半導体領域が偏析していてもよい。また、それぞれの半導体領域が微粒子の中で散在していてもよい。

また、図2の半導電性蛍光体微粒子の断面図に示すように、半導電性蛍光体微粒子7の表面は、さらに電子エネルギーを伝達し易くする目的で、導電性有機材料8で被覆している。さらに導電性有機材料8と該表面とが化学結合していることが好ましい。ここで用いる導電性有機材料8は、発光素子の電極と発光体のエネルギー障壁を低減する目的で、該発光体の表面へ被覆、好ましくは化学結合させたのであり、発光素子の電極と発光体のエネルギー障壁が低減された結果、発光体へ電子エネルギーが伝達され易くなり、本発明の発光素子が低電圧で駆動し

たと考える。該発光体は粒子状であるため、該発光体表面にわたってエネルギー障壁を低減することができるし、一般に粒径が小さい程、物質は化学的に不安定になり、該発光体についても粒径がナノサイズになった場合は、該発光体が化学的に不安定になるため、その場合は導電性有機材料 8 が発光体の保護としての効果も併せ持つ。

導電性有機材料 8 としては、構造内に  $\pi$  電子雲をもつ一般的な導電性有機材料を選択すればよい。さらに、温度などで特性が変化しないガラス転移点が高い有機材料を用いることが好ましく、そのような材料としては高分子材料などを使用できる。また、半導電性蛍光体微粒子表面へ化学吸着させる導電性有機材料としては、水酸基、カルボニル基、カルボキシル基等の官能基を有する有機材料を用いることができる。化学吸着の方法としては、例えば、導電性有機材料にカルボキシル基 ( $-COOH$ ) を導入し、半導電性蛍光体微粒子表面の水酸基 ( $-OH$ ) とエステル結合させて、固定化する方法がある。また、カルボキシル基の代わりに、チオカルボキシル基、ジチオカルボキシル基、スルホ基、スルフィノ基、スルフェノ基、ホスホノ基、ホスフィン基、メルカプト基、トリメトキシシリル基、トリクロロシリル基、アミド基、アミノ基等を用いることもできる。さらに、半導電性蛍光体微粒子の金属元素と、導電性有機材料の窒素、酸素、硫黄、リン等の孤立電子対を有する元素との配位結合であってもよい。導電性有機材料に好適な例としては、ポリアセチレン系、ポリパラフェニレン、ポリフェニレンビニレン、ポリフェニレンサルファイド、ポリフェニレンオキサイドに代表されるポリフェニレン系、ポリピロール、ポリチオフェン、ポリフラン、ポリセレノフェン、ポリテルロフェンに代表される複素環ポリマ系、ポリアニリンに代表されるイオン性ポリマ系、ポリアセン系、ポリエステル系、金属フタロシアニン系やこれらの誘導体、共重合体、混合体などが挙げられる。さらに好適な例として、ポリ-N-ビニルカルバゾール (PVK)、ポリエチレンジオキシチオフェン (PEDOT)、ポリスチレンスルホン酸 (PSS)、ポリメチルフェニルシラン (PMPS) 等が挙げられる。また、さらに好適な例として、電子輸送性の有機材料を用いてもよい。電子輸送性有機材料としては、大きく分けて低分子系材料と高分子系材料とがある。電子輸送性を備える低分子系材料としては、オキサジ

アゾール誘導体、トリアゾール誘導体、スチリルベンゼン誘導体、シロール誘導体、1, 10-フェナントロリン誘導体、キノリノール系金属錯体、チオフェン誘導体、フルオレン誘導体、キノン誘導体等やこれらの2量体、3量体が挙げられる。特に好ましくは、2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール(PBD)、2, 5-ビス(1-ナフチル)-1, 3, 4-オキサジアゾール(BND)、2, 5-ビス[1-(3-メトキシ)-フェニル]-1, 3, 4-オキサジアゾール(BMD)、1, 3, 5-トリス[5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(TPOB)、3-(4-ビフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 2, 4-トリアゾール(TAZ)、3-(4-ビフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 2, 4-トリアゾール(p-EtTAZ)、4, 7-ジフェニル-1, 10-フェナントロリン(BPhen)、2, 9-ジメチル-4, 7-ジフェニル-1, 10-フェナントロリン(BCP)、3, 5-ジメチル-3', 5'-ジ-tert-ブチル-4, 4'-ジフェノキノン(MBDQ)、2, 5-ビス[2-(5-tert-ブチルベンゾキサゾリル)]-チオフェン(BBOT)、トリニトロフルオレノン(TNF)、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(Alq3)、5, 5'-ビス(ジメシチルボリル)-2, 2'-ピチオフェン(BMB-2T)等があるがこれらに限定されるものではない。また、電子輸送性を備える高分子系材料としては、ポリ[2-メトキシ-5-(2-エチルヘキシルオキシ)-1, 4-(1-シアノビニレン)フェニレン](CN-PPV)やポリキノキサリン、または低分子系で電子輸送性を示す分子構造を分子鎖中に組み込んだポリマ等が挙げられる。なお、上記半導電性蛍光体微粒子に導電性材料を被覆、好ましくは化学吸着させた発光体を、透明導電体マトリクス材料中へ分散させてもよい。そのような透明導電体材料としては前述した導電性有機材料や電子輸送性有機材料等を用いることができる。また、導電性又は非導電性ポリマ中に、前述した電子輸送性有機材料のような低分子系の導電性材料、若しくは、無機導電性、無機半導電性材料を分散して、導電性を付与した形態であってもよい。

本発明に係る発光素子の構成について説明する。

この発光素子は、図1に示す通り、互いに対向する一対の電極の間に、表面の少なくとも一部に導電性材料を被覆、好ましくは化学吸着させた半導電性蛍光体微粒子を含む発光層を有している。さらに、少なくとも1つの電子輸送層を設けてもよく、発光層を2枚の電子輸送層で挟み込んでもよい。なお、電極は支持体上に形成してもよい。上記半導電性蛍光体微粒子は透明導電体のマトリクス中に分散してもよい。また、電子輸送層と電極との間に電子注入層を設けてもよい。また、図3に示す発光素子20は低電圧にて駆動させることができるので、薄膜トランジスタ(TFT)11を構造中に備えることによって低電圧でアクティブマトリクス駆動する表示デバイス30を得ることが可能である。

次に、この発光素子において、十分な発光効率を得るための条件について検討する。この発光素子は、発光素子の電極へ外部電界を印加することによって駆動され、印加した外部電界から電極、電子輸送層を経て電子が発光体へ送られる。電子輸送層と半導電性蛍光体微粒子のエネルギー障壁は、半導電性蛍光体微粒子表面に導電性材料を被覆、好ましくは化学吸着した材料により低減されるため、効率よく半導電性蛍光体微粒子へ電子が送られる。

半導電性蛍光体微粒子内の発光中心は、伝達された電子のエネルギーによって励起し、基底状態になるときに発光する。つまり、半導電性蛍光体微粒子の大きさが小さくなればなるほど十分な発光効率を得ることができるが、その一方で粒径が小さくなればなるほど微粒子自体は不安定になる。小さな粒径を安定に保つためにも微粒子表面への被覆又は化学吸着が必要であり、導電性材料にて被覆または化学吸着することによって、半導電性蛍光体微粒子内の発光中心へ効率よくエネルギーを伝達することが可能となる。

また、発光層上に電子輸送層を設けることにより、電子は効率よく半導電性蛍光体微粒子へ伝達することが可能となる。さらに発光層を電子輸送層で挟み込むことにより、電子輸送層は正孔ストッパ層としても働くため、伝達されてきた電子が正孔と再結合することなく、半導電性蛍光体微粒子へ伝達される。

この電子輸送層としては、前述した電子輸送性低分子系材料、または電子輸送性高分子系材料が用いられる。またさらに、導電性又は非導電性ポリマに、低分



子系の電子輸送性材料、若しくは、 $n$ 型の無機半導電性材料を分散させた形態も同様に可能である。

#### 発明の効果

5 本発明に係る発光素子によれば、発光体が半導電性蛍光体微粒子からなり、該半導電性蛍光体微粒子の表面の少なくとも一部を導電性材料で被覆、好ましくは化学吸着している。これによって、化学的に安定した微粒子による高効率発光により、低電圧駆動の発光素子を得ることができた。

#### 図面の簡単な説明

10 本発明の種々の対象、特徴及び利点は、添付の図面を参照しつつ以下で説明される好ましい実施の形態により明らかにされるであろう。

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る発光素子の構成を示す断面図である。

図 2 は、本発明の実施の形態 1 における略全表面が被覆された半導電性蛍光体微粒子の断面図である。

15 図 3 は、本発明の実施の形態 7 に係る発光素子の電極構成を示す斜視図である。

図 4 は、本発明の実施の形態 8 に係る表示デバイスを示す平面概略図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

20 本発明の実施の形態に係る発光素子について添付図面を用いて以下に詳しく説明するが、本発明はこれらの実施の形態により限定されるものではない。なお、図面において実質的に同一の部材には同一の符号を付している。

##### (実施の形態 1)

25 本発明の実施の形態 1 に係る発光素子について、図 1 及び図 2 を用いて説明する。図 1 は、この発光素子 10 の素子構造を示す概略図である。この発光素子 10 は、発光体層 4 を 2 層の第 1 及び第 2 電子輸送層 3、5 で挟み、さらに電子輸送層 3、5 を 2 つの第 1 及び第 2 電極 2、6 の間に挟んでいる。各層の積層関係の観点から説明すると、この発光素子 10 は、支持体としての透明基板 1 の上に、第 1 電極 2、第 1 電子輸送層 3、発光体層 4、第 2 電子輸送層 5 及び第 2 電極 6 が順に積層されている。また、発光した光は、第 1 電極 2 を支持する透明基板 1

の側から取り出される。またさらに、図 2 は、この発光素子 10 の発光体層 4 内に含まれる半導電性蛍光体微粒子の断面図である。この半導電性蛍光体微粒子 7 は、その表面の一部又は略全面を導電性有機材料 8 によって被覆されている。

次に、この発光素子 10 の発光特性について説明する。この発光素子の Ag 電極（第 2 電極）6 と、ITO 透明電極（第 1 電極）2 とから電極を引き出して、この Ag 電極 6 と ITO 透明電極との間に外部電圧を印加することにより、ピーク輝度が得られる。この実施の形態 1 では、半導電性蛍光体微粒子に粒径 0.2  $\mu\text{m}$  ~ 0.5  $\mu\text{m}$  の酸化亜鉛を用いた。半導電性蛍光体微粒子はポリメチルメタクリレートによりその表面を被覆した。

次に、この発光素子 10 の製造方法について説明する。この発光素子は、以下の手順によって作製した。

(a) 支持体 1 として無アルカリガラス基板を用いた。基板 1 の厚みは 1.7 mm であった。

(b) 支持体 1 の上に、第 1 電極 2 として ITO 酸化物ターゲットを用いて RF マグネトロンスパッタリング法により、ITO 透明電極 2 を形成した。

(c) 次に、ITO 透明電極 2 の上に第 1 電子輸送層 3 として 1,3,5-tris[5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol-2-yl]benzene を真空蒸着法によって形成した。

(d) 形成された電子輸送層 3 の上に、粒径 1  $\mu\text{m}$  以下の半導電性蛍光体微粒子に導電性材料を被覆または化学吸着した発光層 4 を塗布法により形成した。

(e) さらに、発光層 4 の上に、1,3,5-tris[5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazol-2-yl]benzene からなる第 2 電子輸送層 5 を真空蒸着法により形成した。

(f) 上記電子輸送層 5 の上に、第 2 電極として Ag 電極ペーストをスクリーン印刷し、乾燥させ、第 2 電極 6 を形成した。

以上の工程によって発光素子 10 を完成した。

実施の形態 1 の第 1 電極 2 と第 2 電極 6 をそれぞれ直流電源の正極と負極に接続して直流電圧を与えると、15 V で明るい発光が確認できた。実施の形態 1 の発光素子は低電圧駆動であるため、TFT を用いて画素を制御することが可能である。

## (実施の形態 2)

本発明の実施の形態 2 に係る発光素子について説明する。この発光素子は、実施の形態 1 に係る発光素子と比較すると、半導電性蛍光体微粒子 7 がユーロピウムをドープした酸化インジウムであることが相違する以外は同じである。実施の

5 形態 2 の第 1 電極 2 と第 2 電極 6 をそれぞれ直流電源の正極と負極に接続して直流電圧を与えると、18 V で明るい発光が確認できた。実施の形態 2 の発光素子は低電圧駆動であるため、TFT を用いて画素を制御することが可能である。

## (実施の形態 3)

本発明の実施の形態 3 に係る発光素子について説明する。この発光素子は、実施の形態 1 に係る発光素子と比較すると、半導電性蛍光体微粒子 7 がユーロピウムをドープした酸化錫である点で相違する以外は同じである。実施の形態 3 の第

10 1 電極 2 と第 2 電極 6 をそれぞれ直流電源の正極と負極に接続して直流電圧を与えると、22 V で明るい発光が確認できた。実施の形態 3 の発光素子は低電圧駆動であるため、TFT を用いて画素を制御することが可能である。

## (実施の形態 4)

本発明の実施の形態 4 に係る発光素子について説明する。この発光素子は、実施の形態 1 に係る発光素子と比較すると、半導電性蛍光体微粒子 7 が  $ZnGa_2O_4$  である点で相違する以外は同じである。実施の形態 4 の第 1 電極 2 と第 2 電極 6 をそれぞれ直流電源の正極と負極に接続して直流電圧を与えると、28 V で

20 明るい発光が確認できた。実施の形態 4 の発光素子は低電圧駆動であるため、TFT を用いて画素を制御することが可能である。

## (実施の形態 5)

本発明の実施の形態 5 に係る発光素子について説明する。この発光素子は、実施の形態 1 に係る発光素子と比較すると、第 2 電子輸送層 5 が無い点で相違する

25 以外は同じである。実施の形態 5 の第 1 電極 2 と第 2 電極 6 をそれぞれ直流電源の正極と負極に接続して直流電圧を与えると、48 V で明るい発光が確認できた。実施の形態 5 の発光素子は低電圧駆動であるため、TFT を用いて画素を制御することが可能である。

## (実施の形態 6)

本発明の実施の形態6に係る発光素子について説明する。この発光素子は、実施の形態1に係る発光素子と比較すると、第1電子輸送層3を有しない点で相違する以外は同じである。実施の形態6の第1電極2と第2電極6をそれぞれ直流電源の正極と負極に接続して直流電圧を与えると、58Vで明るい発光が確認できた。この発光素子は低電圧駆動であるため、TFTを用いて画素を制御することが可能である。

なお、前記実施の形態1から6に係る発光素子においては、発光素子より取り出される発光の色は、半導電性蛍光体微粒子によって決定されるが、2種類以上半導電性蛍光体微粒子を発光層内に混在させてもよい。例えば、補色関係にある2色分、若しくはRGB3色分の半導電性蛍光体微粒子を混在させることによって、白色発光を取り出すこともできる。また、多色表示や白色表示、各色の色純度調整のために、発光層4の光取り出し方向前方に色変換層をさらに備えたり、透明導電体マトリクス中や電子輸送層3に色変換材料を混在させてもよい。色変換材料には、光を励起源として発光するものであればよく、有機材料、無機材料を問わず、公知の蛍光体、顔料、染料を用いることができる。これにより、例えば、発光層から生じた青色の光を色変換材料が吸収して、緑色や赤色の発光が生じ、これらの光が混合して発光素子から取り出されるため、白色発光が得られる。(実施の形態7)

本発明の実施の形態7に係る発光素子20について、図3を用いて説明する。図3は、この発光素子20の電極構成を示す斜視図である。この発光素子20は、図1に示した発光素子10の電極2に接続された薄膜トランジスタ11をさらに備える。薄膜トランジスタ11には、x電極12とy電極13とが接続されている。この発光素子20では、半導電性蛍光体微粒子7の表面の少なくとも一部を有機導電性材料8で被覆しているため、低電圧で駆動することができ、薄膜トランジスタ11を使用することができる。また、薄膜トランジスタ11を用いることによって発光素子20にメモリ機能を持たせることができる。この薄膜トランジスタ11としては、低温ポリシリコンやアモルファスシリコン薄膜トランジスタ等が用いられる。さらに、有機材料を含む薄膜により構成された有機薄膜トランジスタであってもよい。

## (実施の形態 8)

本発明の実施の形態 8 に係る表示デバイスについて、図 4 を用いて説明する。図 4 は、この表示デバイス 30 の互いに直交する x 電極 12 と y 電極 13 とによって構成されるアクティブマトリクス型表示デバイスを示す概略平面図である。

5 この表示デバイス 30 は、薄膜トランジスタ 11 を有するアクティブマトリクス型表示デバイスである。このアクティブマトリクス型表示デバイス 30 は、図 3 に示した薄膜トランジスタ 11 を備えた複数の発光素子 20 が 2 次元配列されている発光素子アレイと、該発光素子アレイの面に平行な第 1 方向に互いに平行に延在している複数の x 電極 12 と、該発光素子アレイの面に平行であって、第 1

10 方向に直交する第 2 方向に平行に延在している複数の y 電極 13 とを備える。この発光素子アレイの薄膜トランジスタ 11 は、x 電極 12 及び y 電極 13 とそれぞれ接続されている。一对の x 電極 12 と y 電極 13 とによって特定される発光素子が一つの画素となる。このアクティブマトリクス表示デバイス 30 によれば、上述のように、各画素の発光素子を構成する発光層 4 は、表面を有機導電性材料

15 8 によって被覆している半導電性蛍光体微粒子 7 を含む。これにより、低電圧駆動できるので、薄膜トランジスタ 11 を使用でき、メモリ効果を利用できる。また、低電圧駆動するので、長寿命の表示デバイスが得られる。

なお、RGB 3 色の発光体をそれぞれ含む RGB 3 色の発光層を画素毎に色分けして形成することにより、カラーの表示デバイスを得ることができる。さらに、

20 色純度を調整するために、カラーフィルタを備えていてもよい。また、別例のカラー表示デバイスとして、単色発光の表示デバイスに色変換フィルタをさらに備える構成も可能である。例えば、発光素子からの青色光を色変換フィルタを通すことで、緑色や赤色に変換してカラー表示を得る。

## (比較例 1)

25 比較例 1 の発光素子について説明する。この発光素子は、実施の形態 1 に係る発光素子と比較すると、半導電性蛍光体微粒子が導電性有機材料にて被覆または化学吸着されていない点で相違する以外は同じである。第 1 電極 2 と第 2 電極 6 をそれぞれ正極と負極に接続して直流電圧を与えると、120V で明るい発光が確認できた。しかし、比較例 1 の発光素子は高電圧駆動であるため、TFT を用

いて画素を制御することが困難または不可能である。

(比較例 2)

比較例 2 の発光素子について説明する。この発光素子は、実施の形態 1 に係る  
発光素子と比較すると、粒径が  $1\ \mu\text{m}$  を超え、粒径  $1\ \mu\text{m} \sim 1.4\ \mu\text{m}$  の酸化亜  
鉛を用いた点が相違する以外は同じである。第 1 電極 2 と第 2 電極 6 をそれぞれ  
正極と負極に接続して直流電圧を与えると、 $100\text{V}$  で明るい発光が確認できた。  
しかし、比較例 2 の発光素子は高電圧駆動であるため、TFT を用いて画素を制  
御することが困難または不可能である。

上述の通り、本発明は好ましい実施形態により詳細に説明されているが、本発  
明はこれらに限定されるものではなく、以下の特許請求の範囲に記載された本発  
明の技術的範囲内において多くの好ましい変形例及び修正例が可能であることは  
当業者にとって自明なことであろう。

## 請 求 の 範 囲

1. 互いに対向する一対の電極と、

前記一対の電極の間に挟まれており、表面の少なくとも一部を導電性有機材料  
5 で被覆されている半導電性蛍光体微粒子を含む発光層と  
を備えることを特徴とする発光素子。

2. 前記導電性有機材料は、前記半導電性蛍光体微粒子の表面に化学吸着している  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の発光素子。

3. 前記半導電性蛍光体微粒子は、粒径が  $1\ \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする請  
10 求項 1 又は 2 に記載の発光素子。

4. 前記半導電性蛍光体微粒子は、Zn、Ga、In、Sn、Ti から選ばれる  
少なくとも 1 種類の元素を含む酸化物又は複合酸化物を含んでいることを特徴と  
する請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の発光素子。

5. 前記発光層は、前記半導電性蛍光体微粒子が透明導電体マトリクス中に分散  
15 してなることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の発光素子。

6. 前記発光層と少なくとも一方の電極との間にさらに電子輸送層を備えること  
を特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の発光素子。

7. 前記一対の電極のうちの一方の電極に接続された薄膜トランジスタをさらに  
備えることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の発光素子。

8. 請求項 7 に記載の発光素子が 2 次元配列されている発光素子アレイと、  
20 前記発光素子アレイの面に平行な第 1 方向に互いに平行に延在している複数の  
x 電極と、

前記発光素子アレイの面に平行であって、前記第 1 方向に直交する第 2 方向に  
平行に延在している複数の y 電極と  
25 を備え、

前記発光素子アレイの前記薄膜トランジスタは、前記 x 電極及び前記 y 電極と  
それぞれ接続されていることを特徴とする表示デバイス。

1/2

図1

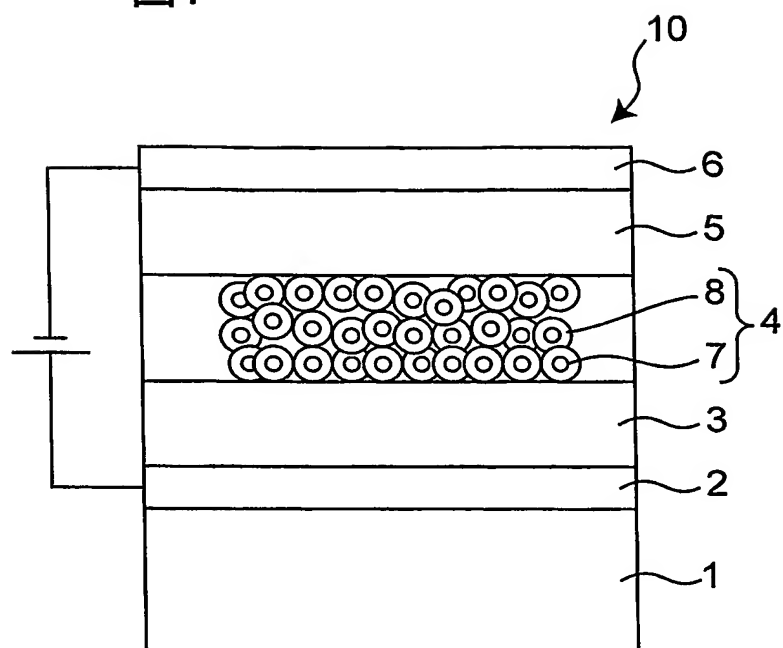
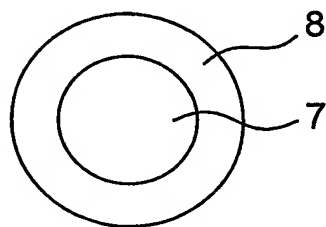


図2





2/2

図3

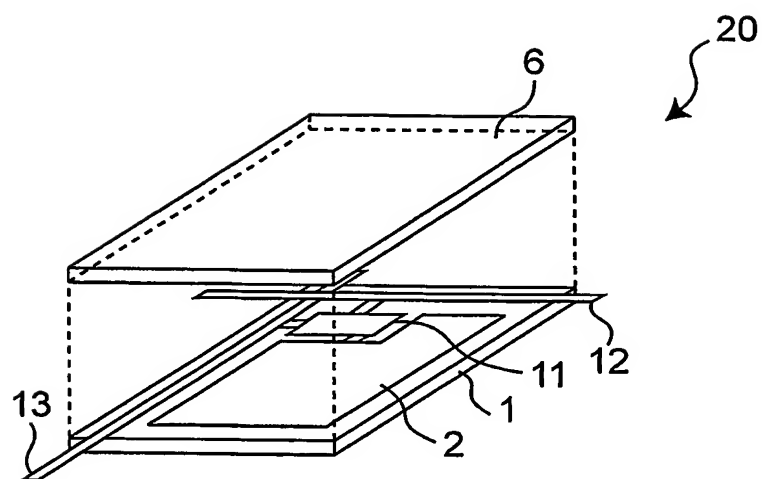
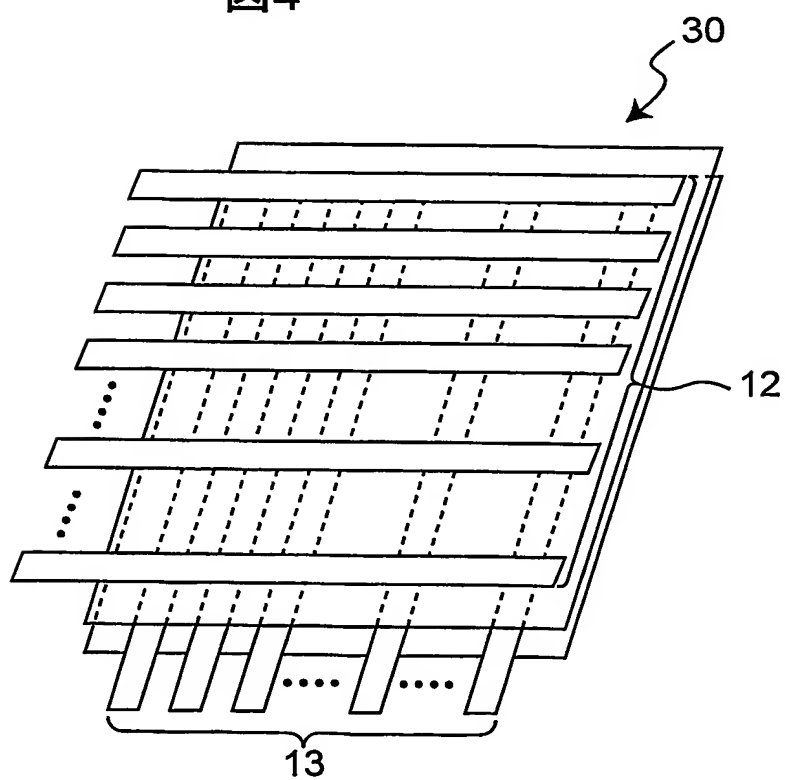


図4



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009685

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> H05B33/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> H05B33/00-33/28Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JOIS (JICST)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 8-306485 A (Research Development Corp. of Japan), 22 November, 1996 (22.11.96), Full text; all drawings (Family: none)	1, 3-8 2
Y A	JP 63-66282 A (Shingijutsu Kaihatsu Jigyodan, Stanley Electric Co., Ltd.), 24 March, 1988 (24.03.88), Page 2, upper right column, line 11 to page 3, upper left column, line 15; Fig. 3 & EP 258908 B1 & FI 91272 B & US 4937150 A & DE 3779377 G	1, 3-8 2

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
14 September, 2004 (14.09.04)Date of mailing of the international search report  
12 October, 2004 (12.10.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009685

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 63-318092 A (Stanley Electric Co., Ltd.), 26 December, 1988 (26.12.88), Page 1, lower left column, line 9 to page 2, upper left column, line 7; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1, 3-8 2
Y	JP 2002-299063 A (Shingijutsu Kaihatsu Jigyodan), 11 October, 2002 (11.10.02), Par. No. [0017] & WO 2002/82864 A1	6-8
Y	JP 2003-115385 A (Shingijutsu Kaihatsu Jigyodan, Hitachi, Ltd.), 18 April, 2003 (18.04.03), & WO 2003/32690 A1 & EP 1450585 A1	7-8

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H05B33/14

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H05B33/00-33/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS(JICST)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 8-306485 A (新技術事業団) 1996. 11. 22	1, 3-8
A	全文、全図面 (ファミリー無し)	2

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 09. 2004

国際調査報告の発送日

12.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山村 浩

2V

3208

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . . . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 63-66282 A (新技術開発事業団、スタンレー電気株式会社) 1988.03.24 第2ページ右上欄第11行-第3ページ左上欄第15行、 第3図 &EP 258908 B1 &FI 91272 B &US 4937150 A &DE 3779377 G	1,3-8 2
Y A	JP 63-318092 A (スタンレー電気株式会社) 1988.12.26 第1ページ左下欄第9行-第2ページ左上欄第7行、 第1図-第3図 (ファミリー無し)	1,3-8 2
Y	JP 2002-299063 A (科学技術振興事業団) 2002.10.11 【0017】 &WO 2002/82864 A1	6-8
Y	JP 2003-115385 A (科学技術振興事業団、株式会社日立製作所) 2003.4.18 &WO 2003/32690 A1 &EP 1450585 A1	7-8